



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑩ **Offenlegungsschrift**  
**DE 195 34 995 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>8</sup>:  
**G 01 B 7/30**  
H 03 M 1/22  
// G 01 B 101:10,862D  
15/02

DE 195 34 995 A 1

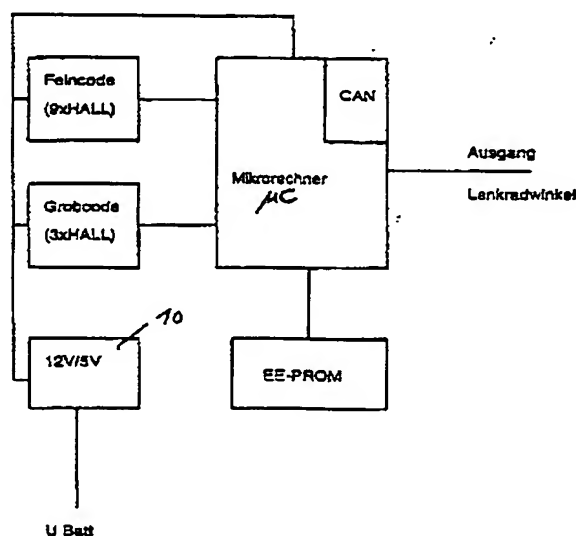
②1 Aktenzeichen: 185 34 995.4  
②2 Anmeldetag: 21. 9. 95  
③ Offenlegungstag: 27. 3. 97

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Hipp, Ulrich, Dipl.-Ing. (FH), 72172 Sulz, DE;  
Abendroth, Manfred, Dr.-Ing., 71072 Marbach, DE

⑤4 Sensor zur Lenkradwinkelerfassung

⑤7 Es wird ein Sensor zur Erfassung des Lenkradwinkels eines Fahrzeugs angegeben, der eine erste Codescheibe aufweist, die von einer Anzahl von Aufnehmern abgetastet wird, zur Bildung eines Feincodes und sich mit derselben Geschwindigkeit wie das Lenkrad dreht. Eine zweite Codescheibe dreht sich mit einem Viertel der Geschwindigkeit der ersten Scheibe und weist zwei oder mehrere Polwechsel auf, die von entsprechenden Aufnehmern abgetastet werden, zur Bildung eines Grobcodes. Als Aufnehmer werden dabei Hallchranken eingesetzt, als Codescheibe werden Scheiben verwendet, die magnetisch codiert sind, also eine vorgebbare Abfolge von magnetischen Nord- und Südpolen mit unterschiedlichen Bogenlängen aufweisen. Als Aufnehmer werden Hallschalter verwendet, die mit den magnetischen Bereichen der Codescheiben zusammenwirken. Durch geeignete Verknüpfung der von den Hallchranken erzeugten Fein- und Grobsignale kann mit Hilfe eines Mikrocomputers  $\mu C$  eine eindeutige Winkelbestimmung durchgeführt werden.



DE 195 34 995 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 01.97 702 013/124

5/23

## Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Sensor zur Erfassung des Lenkradwinkels, beispielsweise eines Kraftfahrzeuges, nach der Gattung des Hauptanspruchs.

Für bestimmte Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeugen, beispielsweise für die Fahrdynamikregelung, wird aus Sicherheitsgründen sofort nach Betätigung des Zündschalters des Fahrzeuges die aktuelle Lenkradposition benötigt. In solchen Kraftfahrzeugen sind daher Lenkradwinkelsensoren erforderlich, die als Absolutensensoren unmittelbar nach dem Einschalten eine eindeutige Winkelerkennung ermöglichen. Ein Beispiel für einen solchen Lenkradwinkelsensor ist aus der internationalen Patentanmeldung PCT/DE 95/00343 bekannt.

Dieser bekannte Sensor zur Erfassung des Lenkradwinkels eines Kraftfahrzeuges weist eine erste Codescheibe auf, die von einer ersten Anzahl von Aufnehmern abgetastet wird und sich mit derselben Geschwindigkeit wie das Lenkrad dreht. Eine zweite Codescheibe dreht sich mit einem Viertel der Geschwindigkeit der ersten Scheibe und weist drei Codespuren auf, die von einer zweiten Anzahl Aufnehmern abgetastet werden. In einem zugeordneten Mikrocontroller wird aus dem Ausgangssignal der der ersten Codescheibe zugeordneten Aufnehmer das sogenannte Feinsignal gewonnen, während die zweiten Aufnehmer das Grobsignal liefern, das sich erst nach einer Winkeldrehung von  $\pm 720^\circ$ , also  $1440^\circ$  wiederholt. Durch geeignete Verknüpfung der erzeugten Fein- und Grobsignale kann jederzeit eine eindeutige Winkelbestimmung durchgeführt werden.

Bei dem bekannten Sensor zur Erfassung des Lenkradwinkels werden Codescheiben eingesetzt, die an vorgebbaren Stellen Aussparungen aufweisen, wobei diese Aussparungen den eigentlichen Code bilden. Als Aufnehmer werden Hallschranken eingesetzt, die mit je einem Magneten zusammenwirken. Die Hallschranken befinden sich dabei auf einer Seite der Codescheibe während die Magnete auf der anderen Seite angeordnet sind. Damit wirkt die Codescheibe als Blende und die Hallschalter geben Ausgangssignale ab, die erkennen lassen, ob sich zwischen ihnen und dem zugehörigen Magneten eine Aussparung der Codescheibe befindet oder nicht.

## Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Sensor zur Erfassung des Lenkradwinkels eines Kraftfahrzeuges mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat gegenüber dem bekannten Sensor den Vorteil, daß die Magnete, die mit den Hallschaltern zusammenwirken, entfallen können. Erzielt wird dieser Vorteil, indem eine Codescheibe eingesetzt wird, bei der der Code durch unterschiedlich magnetisierte Bereiche dargestellt wird. Der Einsatz einer solchen Codescheibe ermöglicht eine Abtastung mit Hallschaltern, deren Ausgangssignal sich in Abhängigkeit vom Vorhandensein eines Nord- oder Südpoles ändert.

Besonders vorteilhaft ist, daß der Magnetfeldverlauf bei einem Polwechsel zwischen einem Nord- und einem Südpol bzw. umgekehrt weitgehend linear und symmetrisch ist, so daß exakte Schaltvorgänge des Hallschalters ausgelöst werden. Der Einfluß des Luftspaltes zwischen der Codescheibe und dem Aufnehmer ist wesentlich geringer als der Einfluß des Luftspaltes zwischen

dem Aufnehmer und dem auf der anderen Seite der Scheibe angeordneten Magneten gemäß der bekannten Sensoranordnung. Der Sensor ist somit einfacher zu montieren und zuverlässiger, da weniger Einzelteile benötigt werden. An die Einzelteile des Sensors werden geringere Anforderungen gestellt und die Bauhöhe des Sensors ist geringer als bei bekannten Sensoren.

## Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Figur dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Im einzelnen zeigt Fig. 1 Beispiele für Hallschranken bzw. Hallschalter, Fig. 2 zeigt ein Beispiel für eine Codescheibe. In Fig. 3a und 3b ist der Einfluß der Luftspalttoleranz sowie der Feldverlauf über einem Polwechsel angegeben. Fig. 4 zeigt eine Seitenansicht des Sensors und Fig. 5 zeigt das Blockschaltbild der Elektronik des Lenkradwinkelsensors.

## Beschreibung

Der im folgenden beschriebene Lenkradwinkelsensor stellt eine Erweiterung des aus der internationalen Patentanmeldung PCT/DE 95/00343 bekannten Sensors zur Lenkradwinkelerfassung dar. Er weist wie dieser bekannte Sensor ein Feinsystem zur Erfassung des Lenkradwinkels innerhalb einer Lenkumdrehung und ein Grobsystem zur Erfassung weiterer Lenkradumdrehungen auf. Die Aufnehmer des Fein- und des Grobsystems sind Magnet-Hall-Schranken bzw. Hallschalter. Dabei umfaßt das Feinsystem neun solcher Magnet-Hall-Schranken und das Grobsystem drei oder fünf Magnet-Hall-Schranken. Die Anordnung stellt wie beim bekannten Sensor einen absolut arbeitenden Sensor dar. Die Kombination der Anordnung der Magnet-Hall-Schranken in Verbindung mit den sich drehenden Codescheiben ergibt beispielsweise für das Feinsystem einen Graycode. Die grundsätzliche Beschreibung des Lenkradwinkelsensors kann der genannten Druckschrift PCT/DE 95/00343 entnommen werden. Diese Druckschrift sei Bestandteil der vorliegenden Anmeldung.

Bei dem bekannten Lenkradwinkelsensor werden herkömmliche Magnet-Hall-Schranken eingesetzt, die, wie in Fig. 1a dargestellt, aus einem Magneten M, einem Hallelement H und einer den Magnetfluß unterbrechenden Blende B bestehen. Die Blende B ist dabei als sich drehende Codescheibe ausgeführt, wobei der Code durch Aussparungen in der Scheibe erzeugt wird. Die Abtastung des Codes erfolgt dann mit einer bestimmten Anzahl von Hallschranken, die in einem gleichmäßigen Winkelabstand untereinander auf dem Umfang der Scheibe angeordnet sind. Für das Feinsystem des Lenkradwinkelsensors werden beispielsweise neun Hallschalter und neun Einzelmagnete benötigt, die zueinander in einem Winkelabstand von  $40^\circ$  angeordnet sind.

Bei dem nun vorgeschlagenen Lenkradwinkelsensor wird die bekannte Anordnung durch ein System ersetzt, das Magnete und Codescheibe in einem Bauteil vereinigt, indem eine Codescheibe 1 gemäß Fig. 3 für das Feinsystem eingesetzt wird, die den benötigten Graycode in Form von magnetischen Polwechseln trägt. Bei einem solchen System wird nur noch ein Hallschalter 3 gemäß Fig. 1b benötigt, der zugehörige Einzelmagnet kann dann entfallen.

Eine solche Scheibe aus Kunststoff kann mit einem bestimmten Verfahren hergestellt werden. Zu diesem Zweck wird in eine Spritzform, die für die Kontur des

Teiles benötigt wird, ein speziell gefertigter magnetischer Ring aus hochpermeablem Material, der die entsprechenden Polwechsel aufweist, eingelegt. Als Kunststoff wird beispielsweise ein mit Strontium-Titanat-Pulver gefülltes Polyamid verwendet. Während des Spritzvorganges wird das ferritische Material durch den in der Form befindlichen Magnetring magnetisch formiert, so daß das entstandene Formteil die Codierung des eingelegten Magnetringes als magnetisches Abbild trägt. Solche Codescheiben werden beispielsweise von der Firma Magnet-Physik Dr. Steingroever GmbH hergestellt.

Um den gewünschten Graycode zu erhalten, muß das magnetische Codemuster ggf. noch korrigiert werden, da durch die unterschiedliche Breite der Codesegmente (Wechsel Nordpol — Südpol) leichte Feldverzerrungen entstehen, die die Lage des Polwechsels, also den Nulldurchgang des Magnetfeldes beeinflussen. Die Korrektur erfolgt durch eine geometrische Anpassung der Polwechsel, die die vorhandenen Feld-(Nulldurchgangsverzerrungen) Verzerrungen ausgleicht.

Zur Erzeugung des Graycodes werden also neben dieser Scheibe nur noch die Hallschalter benötigt, die in möglichst geringem Abstand über der Codescheibe angeordnet werden sollten. Durch Verwendung solcher Codescheiben für das Fein- und das Grobssystem gleichermaßen ergibt sich eine konstruktive Lösung für einen Lenkradwinkelsensor, die den bisherigen bekannten Lösungen in vielen Punkten überlegen ist. Es kann dabei die Teileanzahl reduziert werden, es entfällt die aufwendige Befestigung und das Handling vieler Einzelmagnete. Zusätzlich wird die Funktionssicherheit erhöht. Bedingt durch die konstruktive Ausführung können die Hallschalter für das Grob- und Feinsystem auf einer Seite des Verdrahtungsträgers angeordnet werden, dadurch verringert sich die Bauhöhe des Sensors und es können die Herstellungskosten der Platine durch die einseitige Bestückung minimiert werden.

Durch die Verwendung einer magnetischen Codescheibe, bei der der Code durch Magnetpolwechsel realisiert wird, ist ein sehr kleiner Umschaltwinkel realisierbar, er beträgt weniger als  $1^\circ$ . Die Winkelauflösung eines solchen Sensors ist im wesentlichen nur durch die Positioniergenauigkeit der Hallschalter auf dem Verdrahtungsträger sowie die Genauigkeit der Erzeugung der Polwechsel in der Kunststoffscheibe bestimmt. Der Unterschied zwischen den magnetischen Verhältnissen einer Sensoranordnung nach dem vorgeschlagenen System und der bekannten Sensoranordnung läßt sich den Fig. 3a und 3b entnehmen. In diesen beiden Figuren ist der Einfluß der Luftspalttoleranz über den Weg (Fig. 3a) sowie der Feldverlauf über einen Polwechsel in Abhängigkeit vom Winkel aufgetragen. Bei einem angenommenen Codescheibendurchmesser von 50 mm wird für das Umschalten der Hallschranke ein Drehwinkel von etwa  $0,7^\circ$  benötigt, bei einem Luftspalt von 1 mm. Der notwendige Schaltwinkel ist dabei stark abhängig von der Luftspaltgröße, der zulässige Wert des Luftspaltes muß aus diesem Grunde in engen Grenzen gehalten werden. Im Gegensatz zu den geschilderten Verhältnissen, die bei der bekannten Sensoranordnung gelten, verbessern sich die Verhältnisse beim Einsatz einer magnetisch codierten Scheibe wesentlich, dies ist Fig. 3b zu entnehmen. Ein magnetischer Polwechsel findet hier in einem sehr engen Winkelbereich  $\ll 1^\circ$  statt. Im Gegensatz zur Hallschranke wechselt jedoch hier die Flußdichte das Vorzeichen, dadurch ist die Auswahl eines Hallschalters bezüglich Operate- und Releasepoint unproblematisch. Es kann ein Schalter gewählt werden,

dessen Releasepoint in der Nähe von 0 mT liegt. Da die Flußdichte beim Polwechsel immer das Vorzeichen wechselt, ist auch ein sicheres Ausschalten immer gewährleistet. Der Abstand des Hallschalters wirkt sich im Bereich üblicher Toleranzen deutlich geringer aus als bei der Schrankenordnung. Es muß lediglich gesichert werden, daß der Operate-Point, der typisch bei etwa 20 mT liegt, immer erreicht wird. Gemessene Flußdichten in einem Abstand von 0,7 mm betragen etwa 50 mT, sofern Plastroferrit als Scheibe eingesetzt wird. In einer typischen Anordnung lassen sich Umschaltwege von etwa  $0,2^\circ$  erreichen.

In Fig. 2 ist die Codescheibe des Feinsystemes dargestellt. Diese Scheibe weist Bereiche mit Nord- und Südpolen N, S auf, deren Ausdehnung bzw. Bogenlänge unterschiedlich ist. Die Übergangsbereiche zwischen den Magnetpolen sind durch die zugehörigen Winkelgrade gekennzeichnet. Diese Codescheibe steht mit der nicht dargestellten Lenksäule des Kraftfahrzeuges in Verbindung und dreht sich synchron zu dieser. Die sogenannte Feincodescheibe 1 wirkt mit Hallschaltern 5, von denen lediglich einer dargestellt ist, zusammen. Die Ausgangssignale der Hallschalter 5 werden mit Hilfe eines Mikrocomputers  $\mu C$  ausgewertet. Das Zusammenwirken zwischen der Codescheibe 1 sowie den Hallschaltern 5 ist der Fig. 4 zu entnehmen. Fig. 4 zeigt den mechanischen Aufbau des Lenkradwinkelsensors einschließlich Fein- und Grobssystem.

In Fig. 4 ist die Feincodescheibe wiederum mit 1 bezeichnet, sie besteht aus Plastroferrit und ist mit magnetischen Polwechseln derart versehen, daß sich in Verbindung mit neun Hallschaltern 5 ein spezieller Graycode ergibt. Die Feincodescheibe 1 trägt neben dem Code eine Verzahnung 1a. Die Lenksäule des Fahrzeuges wird durch den Sensor gesteckt, sie wird über eine nicht dargestellte Vorrichtung fest mit dem Innendurchmesser der Codescheibe 1 verbunden, so daß sich diese spielfrei mit der Lenkwelle dreht. Von der Verzahnung der Codescheibe 1 wird ein Zahnrad 2 angetrieben, das in zwei Zapfen des Gehäuseoberteiles 3 und des Gehäuseunterteiles 4 gelagert ist. Dieses Zahnrad treibt die Grobcodescheibe 6 an, die auf dem Außendurchmesser der Feincodescheibe 1 gelagert ist.

Die Grobcodescheibe 6 besteht ebenso wie die Feincodescheibe 1 aus Plastroferrit, enthält aber im Gegensatz zu dieser nur zwei Polwechsel. Die Abtastung der Grobcodescheibe erfolgt ebenfalls mit Hallschaltern 7, die mit den Hallschaltern 5 des Feinsystems auf einem gemeinsamen Verdrahtungsträger 8 sitzen. Der Verdrahtungsträger 8 trägt neben den Hallschaltern auch die für die Auswerteschaltung erforderlichen Bauelemente. Kernstück der Schaltung ist ein Mikrorechner, der, wie bereits in der Patentanmeldung PCT/DE 95/00343 beschrieben, die Grob- und Feinsignale bzw. den entsprechenden Code auswertet und daraus den zugehörigen Winkelwert generiert. Dieser wird über eine digitale Schnittstelle, beispielsweise eine CAN-Schnittstelle an ein übergeordnetes Steuergerät (nicht dargestellt) geliefert. Die zum Lenkradwinkelsensor gehörende Elektronik ist dem Blockschaltbild nach Fig. 5 zu entnehmen. Dieses Blockschaltbild läßt erkennen, daß der Mikrorechner  $\mu C$  mit den neun Hallschaltern 5 des Feinsystems sowie den drei (oder mehr) Hallschaltern 7 des Grobsystems in Verbindung steht und deren Ausgangssignale auswertet. Die Spannungsversorgung wird mittels einer Batterie, die die Spannung UBatt liefert, bzw. mittels einer dieser nachgeschalteten Spannungsregleranordnung 10 gewährleistet. Am Aus-

gang des Mikrorechners  $\mu C$  wird ein Ausgangssignal abgegeben, das dem Lenkradwinkel entspricht. Der Mikrorechner  $\mu C$  ist zusätzlich mit Speichern, die als EE-PROM bezeichnet werden, verbunden.

#### Patentansprüche

5

1. Sensor zur Erfassung des Lenkradwinkels, mit ersten Mitteln zur Erzeugung eines Feinsignales, das sich nach einer Umdrehung der Längssäule wiederholt und mit zweiten Mitteln zur Erzeugung eines Grobsignales, wobei die erste Codescheibe einen ersten Code aufweist und mittels einer ersten Anzahl von Aufnehmern abgetastet wird und die zweiten Mitteln eine Codescheibe mit einem zweiten Code aufweisen, der mittels einer zweiten Anzahl von Aufnehmern abgetastet wird und die zweite Codescheibe sich gegenüber der ersten in einem wählbaren Verhältnis umsetzt dreht und die Erkennung der Winkellage durch Verknüpfung des Feinsignales und des Grobsignales erfolgt und die Auswertung mittels eines Mikrocontrollers realisiert wird, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens eine der Codescheiben magnetisch codiert ist, mit einer vorgebbaren Abfolge von Nord- und Südpolen und daß die zugeordneten Aufnehmer Hall-schalter sind, die auf einer Seite der betreffenden Codescheibe angeordnet sind.
2. Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die vorgebbare Abfolge von magnetischen Nord- und Südpolen so ausgestaltet ist, daß die Bogenlänge der einzelnen Pole unterschiedlich ist.
3. Sensor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Zahl von Aufnehmern gleich 9 ist und die Aufnehmer in einem Abstand von  $40^\circ$  zueinander liegen und die Zuordnung der ersten Aufnehmer zum Code der ersten Codescheibe so ist, daß ein eindeutiger Graycode entsteht.
4. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Anzahl von Aufnehmern mindestens 3 beträgt und der zweiten Codescheibe so zugeordnet ist, daß ein 3-Bit-Code für das Grobsignal erzeugt wird.
5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die ersten und die zweiten Aufnehmer in einer Ebene liegen.
6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrocontroller wenigstens einen EE-PROM-Speicher umfaßt und über eine CAN-Bus-Schnittstelle mit dem Steuergerät eines Fahrzeuges in Verbindung steht.
7. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die an den Polwechseln auftretenden Magnetfeldverzerrungen durch eine geometrische Korrektur in der Codescheibe kompensiert werden.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

60

65

- Leerseite -

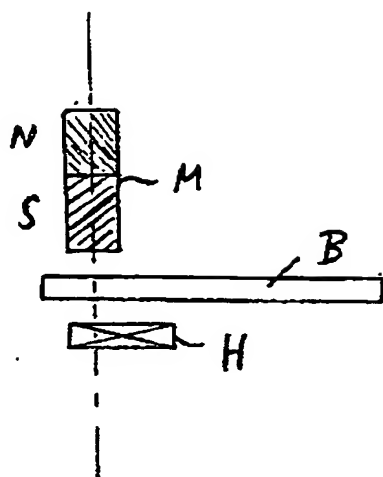


Fig 1a

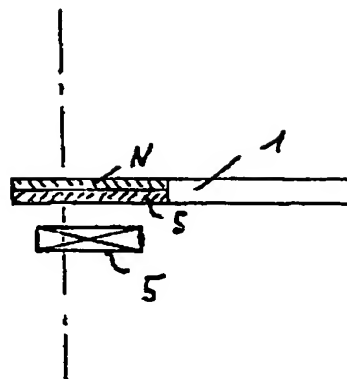


Fig 1b

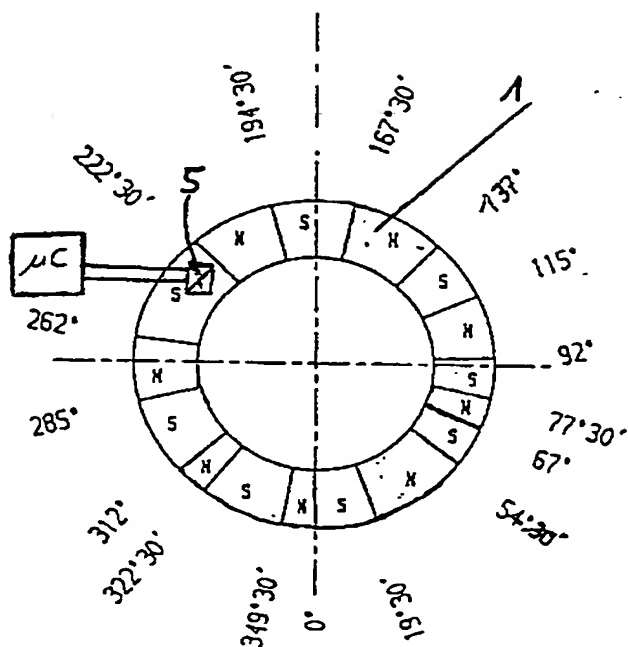


Fig 2

Einfluß der Luftspalttoleranz

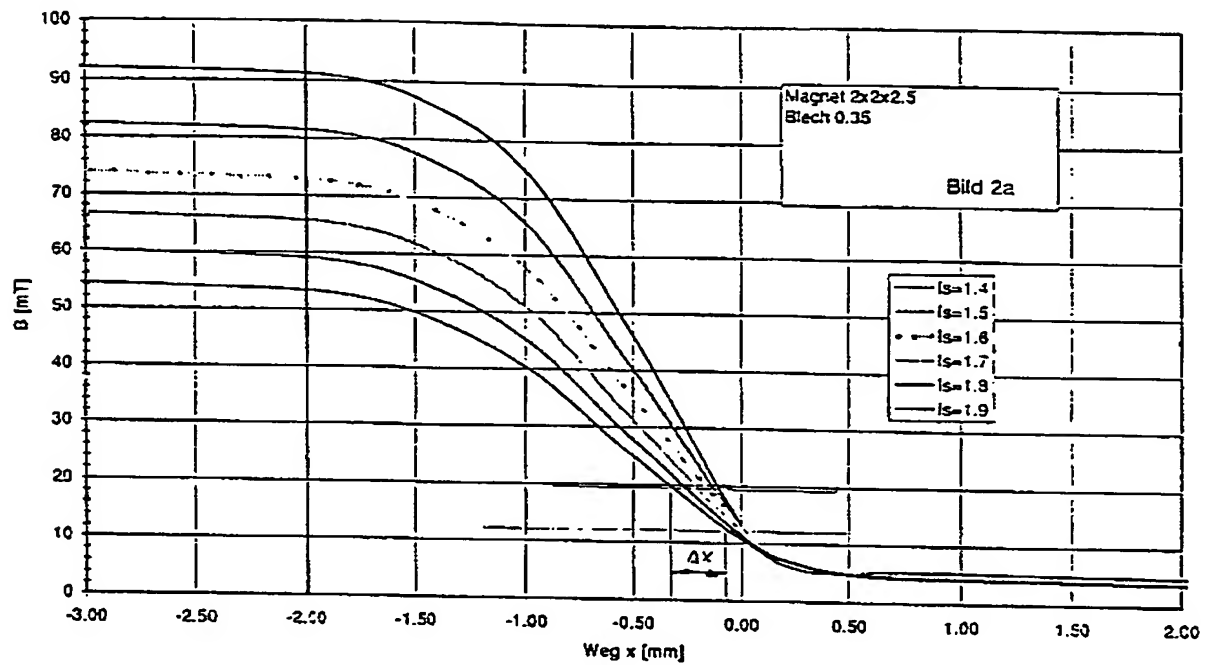


Fig 3a

Feldverlauf über einem Polwechsel (Scheibendurchmesser 50mm)

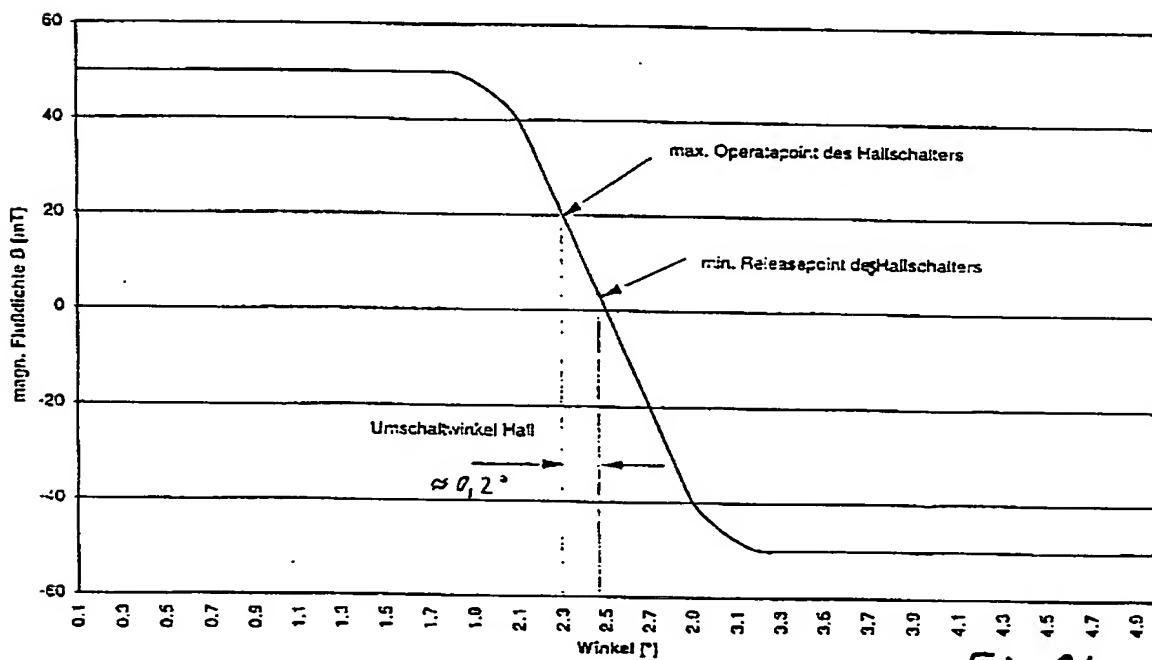


Fig 3b

